Caldasia 24(2) 2002: 239-257

ESTUDIO PALINOLÓGICO DE *CARDAMINE* L., *NASTURTIUM* R. BR. Y *RORIPPA* SCOP. (ARABIDEAE, BRASSICACEAE) EN COLOMBIA

Palynological study of *Cardamine* L., *Nasturtium* R. Br. and *Rorippa* Scop. (Arabideae, Brassicaceae) in Colombia

GIOVANNI BOGOTÁ
Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. giovaengel@yahoo.com

CARLOS PARRA-O.
Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 7495. Bogotá, Colombia. carlospa@ciencias.unal.edu.co

RESUMEN
Se describe el polen de 16 de las 17 especies pertenecientes la tribu Arabideae [Brassicaceae; *Cardamine* (10 especies), *Nasturtium* (una especie) y *Rorippa* (cinco especies)], presentes en Colombia. Se confirma el carácter estenopalinológico de la familia al ser mónadas, isopolares, radiosimétricas, tri (3) o tetra (4) colpadas con exina semitectada reticulada. Las características palinológicas analizadas no permiten diferenciar los tres géneros entre sí. En *Cardamine*, se reconocen tres grupos con base en la morfometría del polen [grupo de granos 'pequeños' (E.E.=23.4-29.7µm; E.P.=21.6-26.3µm; Colpo=15.3-20.1µm) grupo de granos 'medianos' (E.E.=32.8-34.3; E.P.=28.3-39.7; Colpo =21.6-33.2) y grupo de granos 'grandes' (E.E.=38.6-41.8; E.P.=36.3-61.1; Colpo= 25.8-50.8)], aunque estos grupos no se relacionan con la morfología vegetativa y reproductiva de las especies. Dentro de *Rorippa*, se diferencian dos grupos con base en la morfometría del polen [grupo de granos 'pequeños' (E.E.=18.6-19.4; E.P.=16.4-18.3; Colpo=11.6-13.3) y grupo de granos 'grandes' (E.E.=24.5-27.7; E.P.=22.1-24.9; Colpo=16.5-18.2)] los cuales se relacionan con la morfología vegetativa de las especies. Se menciona la necesidad de analizar el polen de varios individuos provenientes de poblaciones diferentes en cada especie, con el objeto de confirmar o rechazar los grupos encontrados dentro de *Cardamine* y *Rorippa*.

Palabras clave. Arabideae, Brassicaceae, *Cardamine*, Colombia, *Nasturtium*, polen, *Rorippa*.

ABSTRACT
The pollen of 16 out of the 17 species belonging to Arabideae (Brassicaceae) and growing in Colombia [*Cardamine* (10 species), *Nasturtium* (one species) and *Rorippa* (five species)], are described. The following characteristics: monad, isopolar, radiosymmetric, 3 (4) colpate with semitectate-reticulate exine, confirm that Brassicaceae is a stenopalynous family. The palynological characteristics analyzed do not allow differentiaton of *Cardamine*, *Nasturtium* and *Rorippa* among themselves. Among *Cardamine*, three groups of pollen are recognized ['small' grain group

(E.E.=23.4-29.7µm; E.P.=21.6-26.3µm; Colpus=15.3-20.1µm), 'medium' grain group (E.E.=32.8-34.3; E.P.=28.3-39.7; Colpus =21.6-33.2) and 'large' grain group (E.E.=38.6-41.8; E.P.=36.3-61.1; Colpus= 25.8-50.8)] based on the morphometric characteristics of pollen, although such groups are not correlated with the vegetative and the reproductive morphology of the species. Among *Rorippa*, two groups of pollen are recognized ['small' grain group (E.E.=18.6-19.4; E.P.=16.4-18.3; Colpus=11.6-13.3) and 'large' grain group (E.E.=24.5-27.7; E.P.=22.1-24.9; Colpus=16.5-18.2)], such groups are correlated with the vegetative morphology of the species. It is recommended to analyze several samples of different populations in each one of the *Cardamine* and *Rorippa* species, to confirm or reject the groups already proposed.

Key words. Arabideae, Brassicaceae, *Cardamine*, Colombia, *Nasturtium*, pollen, *Rorippa*.

INTRODUCCIÓN

La familia Brassicaceae (nom. altern., Cruciferae) consta de 340 géneros y alrededor de 3350 especies, distribuídas en todos los continentes y especialmente en zonas templadas (Al-Shehbaz 1984). Según Schulz (1936), esta familia puede dividirse en 19 tribus, algunas de las cuales están lejos de ser aceptadas actualmente como entidades naturales. La tribu Arabideae DC. se compone de 36 géneros y cerca de 615 especies en el mundo (Al-Shehbaz 1988). En Colombia, esta tribu está representada por tres géneros: *Cardamine* L., *Rorippa* Scop. y *Nasturtium* R. Brown (Parra-O. 2002).

En Brassicaceae, el estudio palinológico más importante fue llevado a cabo por Rollins & Banerjee (1979), quienes examinaron el polen de 227 especies pertenecientes a 132 géneros. Sin embargo, sólo analizaron y presentaron fotografías de 39 de los 132 géneros, e incluyeron información palinológica sobre dos géneros de Arabideae (*Arabis* L. y *Sibara* Greene). Con relación a *Cardamine*, *Nasturtium* y *Rorippa*, son pocos los estudios palinológicos realizados, destacándose las contribuciones de Khatri (1988, 1989, 1990a, 1990b) en especies asiáticas de *Cardamine*. No existen otros trabajos que analicen de manera global o local las características palinológicas de las especies de estos géneros, encontrándose sólo algunas descripciones aisladas en atlas palinológicos [*Cardamine glacilis* (Forst.) DC var. *pubescens* Phil. (Heusser 1971); *Cardamine corymbosa* Hook. f., *C. subcarnosa* (Hook. f.) Allan y *Rorippa divaricata* (Hook. f.) Garnock-Jones & Jonsell (Moar 1993)]. El objetivo principal de este trabajo consistió en describir el polen de las especies que componen la tribu Arabideae en Colombia. Además se pretendió establecer, si existen caracteres morfológicos o morfométricos en el polen de estos taxones que permitan diferenciar los géneros y/o las especies que hacen parte de la tribu mencionada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizó el polen de 16 de las 17 especies de la tribu Arabideae presentes en Colombia (Parra-O. 2002), provenientes de ejemplares de herbario depositados en el Herbario Nacional Colombiano (COL) o de especímenes recolectados en campo. Las muestras fueron procesadas en el laboratorio de palinología del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia utilizando la técnica de acetólisis de Erdtman (1986). Las observaciones se realizaron en un microscopio óptico Zeiss modelo Leitz DIALUX 22 EB con reglilla micrométrica y cámara fotográfica. Las fotografías (tomadas con película Ilford Pan-F ASA 50 y Neopan ASA 25) están aumentadas 1000 veces y las medidas de los granos se expresan en micrómetros (µm). Las descripciones se basan en la terminología propuesta por Faegri & Iversen (1975) y Punt et al. (1994). Las abreviaturas utilizadas dentro de las descripciones corresponden a: D.E. (Diámetro ecuatorial en vista polar), E.E. (Eje ecuatorial en vista ecuatorial), E.P. (Eje polar en vista ecuatorial), L.A. (Lado apocolpio en vista polar), P/E (relación del eje polar sobre el eje ecuatorial), V.E. (Vista Ecuatorial) y V.P. (Vista Polar).

RESULTADOS

Generalidades palinológicas de la subtribu Arabideae en Colombia:

Mónadas, isopolares, radiosimétricas, tricolpadas (ocasionalmente tetracolpadas), bordes del colpo bien definidos o no, margen presente (entendida como la disminución gradual en el espesor de la exina desde el mesocolpio hacia el borde del colpo). Ámbito triangular convexo hasta circular o circular trilobulado; forma del grano subprolado, prolado, oblado esferoidal o suboblado. Exina con la sexina diferenciada de la nexina, generalmente semitectada reticulada; algunos patrones diferentes son: semitectada retipilada, semitectada microreticulada y tectada perforada (en éste último restringido a las áreas polares).

CARDAMINE L.

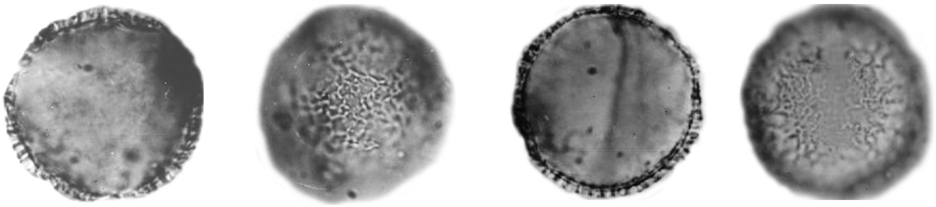
Cardamine africana L. (Lámina 1, V.P. 1a, 1b; V.E. 1c, 1d)
Tipo: Mónada, isopolar, radiosimétrico.
Abertura: Tricolpado; bordes del colpo no están bien definidos. Margen presente.
Forma: Ambito circular, oblado esferoidal.
Exina: Fina; semitectada reticulada; columnelas conspicuas. Retículo heterobrochado, muros monocolumnados ondulados, lúmenes del retículo con proyecciones exínicas.
Medidas: E.E.= 33.6 ± 1.3; E.P.= 32.9 ± 0.9; P/E= 0.98; D.E.= 33.5 ± 1; L.A.= 9.5 ± 1.6; Area polar mediana; IAP= 0.28; Colpo= 25.3 ± 1.1 X 4.6 ± 0.9; Exina= 2.73 ± 0.2; Sexina= 1.77 ± 0.36; Nexina= 0.86 ± 0.24; Muros 0.8-1 de espesor; Lúmenes 1-3.8 de diámetro.
MATERIAL ESTUDIADO: Boyacá: Pajarito, corregimiento de Corinto, 2200 m alt., *G. Lozano et al. 900* (COL). Placa palinológica ICN-3916.

Cardamine alberti O. E. Schulz (Lámina 1, V.P. 2a, 2b; V.E. 2c, 2d)
Tipo: Mónada, isopolar, radiosimétrico.
Abertura: Tricolpado; bordes del colpo no están bien definidos. Margen presente.
Forma: Ambito circular, subprolado.
Exina: Fina; semitectada retipilada; columnelas conspicuas. Retículo probablemente heterobrochado, muros monocolumnados; no se forma un verdadero retículo.
Medidas: E.E.= 34.3 ± 3.9; E.P.= 39.7 ± 2.8; P/E= 1.16; D.E.= 34.5 ± 5.02; L.A.= 9.9 ± 1.3; Area polar mediana; IAP= 0.29; Colpo= 33.2 ± 2.3 X 4.35 ± 1; Exina= 3.23 ± 0.29; Sexina= 2.18 ± 0.28; Nexina= 1.05 ± 0.15; Muros 1 de espesor; Lúmenes cuando se diferencian 1-3 de diámetro.
MATERIAL ESTUDIADO: Boyacá: Duitama, Páramo de Belén, 3900 m alt., *O. Rangel et al. 4049* (COL). Placa palinológica ICN-3636.

Cardamine armoracioides Turcz. (Lámina 1, V.P. 3a, 3b, 4a, 4b; V.E. 3c, 3d, 4c, 4d, 4e)

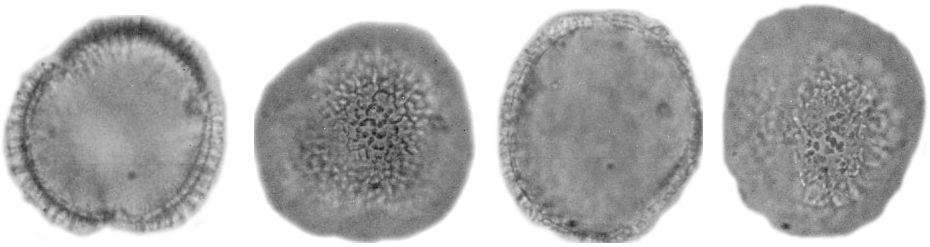
Figuras 3a-3d:

Tipo: Mónada, isopolar, radiosimétrico.
Abertura: Tricolpado; bordes del colpo no bien diferenciados. Margen presente.
Forma: Circular trilobulado, oblado esferoidal.



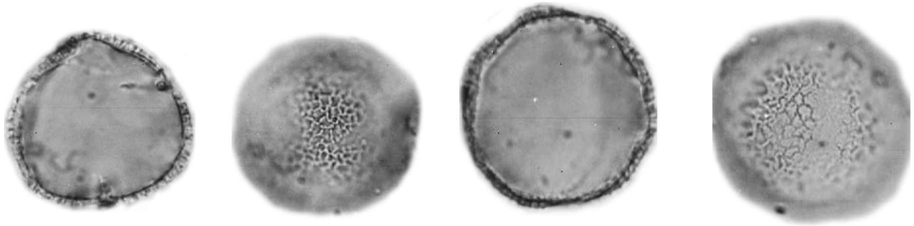
1a 1b 1c 1d

Cardamine africana



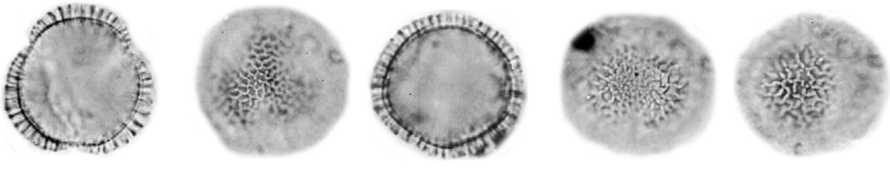
2a 2b 2c 2d

Cardamine alberti



3a 3b 3c 3d

Cardamine armoracioides



4a 4b 4c 4d 4e

Cardamine armoracioides

LÁMINA 1

Exina: Fina; semitectada reticulada; columnelas conspicuas. Retículo hetero-brochado, muros monocolumnados.
Medidas: E.E.= 32.8 ± 1.7; E.P.= 34 ± 3; P/E= 1.04; D.E.= 31.7 ± 1.5; L.A.= 13.7 ± 2.1; Area polar mediana; IAP= 0.43; Colpo= 26.8 ± 1.9 X 3 ± 0.7; Exina= 2.25 ± 0.2; Sexina= 1.4 ± 0.2; Nexina= 0.9 ± 0.1; Muros 0.8 de espesor; Lúmenes 1-3 de diámetro.
MATERIAL ESTUDIADO: Magdalena: Sierra Nevada de Santa Marta, "E of La Finca de Cortés 0.5 km", 2800-3000 m alt., *J. Kirkbride, Jr. & E. Forero 1860* (COL, NY). Placa palinológica ICN-3915.

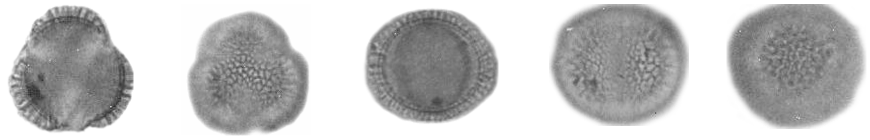
Figuras 4a-4e:

Tipo: Mónada, isopolar, radiosimétrico.
Abertura: Tricolpado; borde de los colpos no bien definidos ni sus extremos en área polar. Margen presente.
Forma: Ambito circular trilobulado, oblado esferoidal.
Exina: Gruesa; semitectada reticulada; columnelas conspicuas. Retículo tendiente a homobrochado, muros monocolumnados.
Medidas: E.E.= 26.9 ± 0.97; E.P.= 25.1 ± 0.94; P/E= 0.9; D.E.= 27.7 ± 1.25; L.A.= 8.3 ± 1.2; Area polar mediana; IAP= 0.3; Colpo= 17 ± 1.2 X 1.35 ± 0.5; Exina= 3.7 ± 0.4; Sexina= 2.7 ± 0.2; Nexina= 0.9 ± 0.1; Muros 0.8 de espesor; Lúmenes 1-2 de diámetro.
MATERIAL ESTUDIADO: Magdalena: campamento Pico Bolívar, 3200 m, sin fecha ni colector (fl, fr) (COL). Placa palinológica ICN-3990.

Cardamine bonariensis Pers. (Lámina 2, V.P. 5a, 5b; V.E. 5c, 5d, 5e)
Tipo: Mónada, isopolar, radiosimétrico.
Abertura: Tricolpado. Margen presente.
Forma: Ambito circular trilobulado, oblado esferoidal.
Exina: Gruesa; semitectada reticulada; columnelas conspicuas. Retículo hetero-brochado, muros monocolumnados; retículo más pequeño en áreas polares hasta perforado.
Medidas: E.E.= 23.4 ± 1.9; E.P.= 21.6 ± 3.0; P/E= 1.58; D.E.= 22.7 ± 1.5; L.A.= 5.2 ± 0.6; Area polar pequeña; IAP= 0.23; Colpo= 15.3 ± 1.8 X 3.3 ± 0.7; Exina= 3 ± 0.29; Sexina= 2.1 ± 0.36; Nexina= 0.9 ± 0.09; Muros ≤ 0.5 de espesor; Lúmenes 1-3 de diámetro.
MATERIAL ESTUDIADO: Cauca: entre Popayán y Puracé, Quebrada de El Molino, 2300-2400 m alt., *E. Pérez Arbeláez & J. Cuatrecasas 5839* (COL). Placa palinológica ICN-3635.

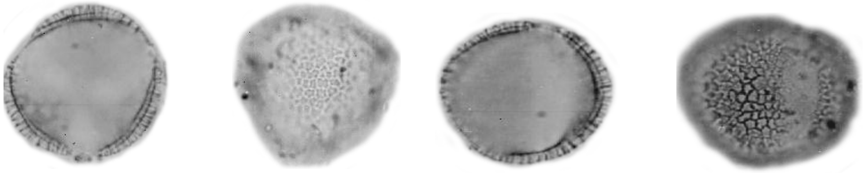
Cardamine flexuosa With. (Lámina 2, V.P. 6a, 6b; V.E. 6c, 6d)
Tipo: Mónada, isopolar, radiosimétrico.
Abertura: Tri o tetracolpado; membranas aberturales con algunas proyecciones. Margen presente.
Forma: Ambito circular, oblado esferoidal.
Exina: Fina; semitectada reticulada; columnelas conspicuas. Retículo heterobrochado, muros monocolumnados.
Medidas: E.E.= 29.7 ± 1.4; E.P.= 26.3 ± 1.1; P/E= 0.88; D.E.= 28 ± 1.4; L.A.= 5.4 ± 1.1; Area polar pequeña; IAP= 0.2; Colpo= 20.1 ± 0.7 X 4.3 ± 0.8; Exina= 2.8 ± 0.2; Sexina= 1.8 ± 0.2; Nexina= 0.96 ± 0.08; Muros 0.8 de espesor; Lúmenes 1-3 de diámetro.
MATERIAL ESTUDIADO: Cundinamarca: Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, predios de la facultad de agronomía, 2600 m alt., *J. L. Fernández-Alonso 19498* (COL). Placa palinológica ICN-4011.

Cardamine hirsuta L. (Lámina 2, V.P. 7a, 7b; V.E.: 7c, 7d, 7e)
Tipo: Mónada, isopolar, radiosimétrico.
Abertura: Tricolpado. Margen presente.
Forma: Ambito circular hasta triangular convexo, oblado esferoidal.
Exina: Fina; semitectada reticulada; columnelas conspicuas. Retículo homobrochado, muros monocolumnados.



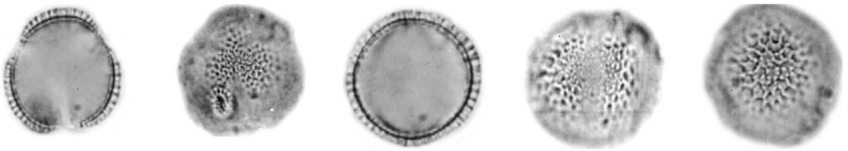
5a 5b 5c 5d 5e

Cardamine bonariensis



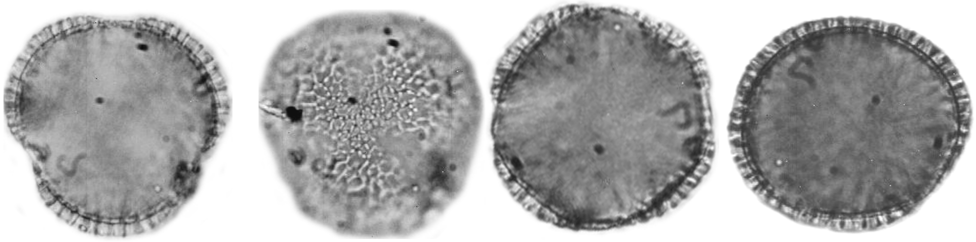
6a 6b 6c 6d

Cardamine flexuosa



7a 7b 7c 7d 7e

Cardamine hirsuta



8a 8b 8c 8d

Cardamine jamesonii

LÁMINA 2

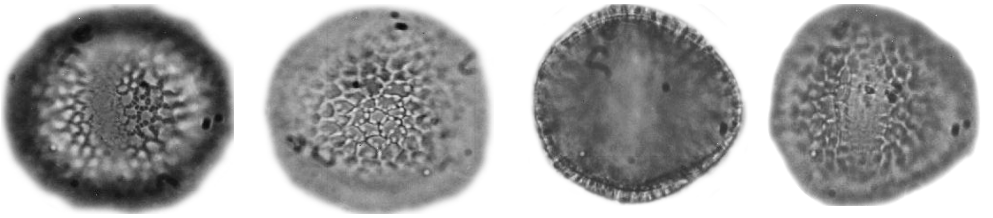
Medidas: E.E.= 23.5 ± 2.2; E.P.= 22.1 ± 2.1; P/E= 0.94; D.E.= 22.3 ± 2.3; L.A.= 4.3 ± 0.7; Area polar pequeña; IAP= 0.19; Colpo= 16.4 ± 1.7 X 3.5 ± 0.7; Exina= 2.4 ± 0.3; Sexina= 1.5 ± 0.3; Nexina= 0.9 ± 0.1; Muros ≤ 0.5 de espesor; Lúmenes 1-2 de diámetro.
MATERIAL ESTUDIADO: Cundinamarca: Bogotá, barrrio Polo Club (cra. 28 con calle 87), 2600 m. alt., *C. Parra-O. 173* (COL). Placa palinológica ICN-3913. Bogotá, predios del Jardín Botánico de Bogotá "José Celestino Mutis", ca. 2600 m alt., *J. L. Fernández-Alonso 6537* (COL). Placa palinológica ICN-3992.

Cardamine jamesonii Hook. (Lámina 2, V.P. 8a, 8b, 8c; V.E. 8d. Lámina 3 V.E. 8e, 8f, 8h)
Tipo: Mónada, isopolar, radiosimétrico.
Abertura: Tricolpado o tetracolpado; membrana aperturales de los colpos con procesos exínicos internos. Margen presente.
Forma: Ambito circular trilobulado, oblado esferoidal.
Exina: Fina; semitectada reticulada. Columnelas conspicuas. Retículo homobrochado con muros monocolumnados.
Medidas: E.E.= 38.6 ± 2.4; E.P.= 36.3 ± 1.6; P/E= 0.94; D.E.= 37.6 ± 2.5; L.A.= 11.1 ± 2.9; Area polar mediana; IAP= 0.29; Colpo= 25.8 ± 1.7 X 6.6 ± 1.6; Exina= 3.38 ± 0.43; Sexina= 2.36 ± 0.39; Nexina= 1.02 ± 0.11; Muros 0.8 de espesor; Lúmenes 2-3 de diámetro.
MATERIAL ESTUDIADO: Putumayo: alta cuenca del río Putumayo, filo de la Cordillera entre El Encano y Sibundoy; páramo de San Antonio del Bordoncillo, 3250 m alt., *J. Cuatrecasas 11751* (COL). Placa palinológica ICN-3638.

Cardamine obliqua Hochst. ex A. Rich. (Lámina 3, V.P. 9a, 9b; V.E. 9c, 9d, 9e)
Tipo: Mónada, isopolar, radiosimétrico.
Abertura: Tricolpado; membranas aperturales con proyecciones exínicas. Margen presente.
Forma: Ambito circular trilobulado, subprolado.
Exina: Gruesa; tectado perforada (en áreas polares) y semitectado reticulada (en áreas ecuatoriales); columnelas conspicuas. Retículo heterobrochado, muros monocolumnados.
Medidas: E.E.= 27.8 ± 1.3; E.P.= 25.1 ± 1.6; P/E= 1.19; D.E.= 26.4 ± 2.1; L.A.= 5.1 ± 0.9; Area polar pequeña; IAP= 0.19; Colpo= 19.1 ± 1.4 X 5.7 ± 1.3; Exina= 2.85 ± 0.4; Sexina= 1.92 ± 0.31; Nexina= 1.03 ± 0.28; Muros 0.5 de espesor; Lúmenes 1-2 de diámetro.
MATERIAL ESTUDIADO: Cauca: ruta a los termales, cerca de la enea, 2700-3000 m, *H. Humbert et al. 27006* (COL). Placa palinológica ICN-3910.

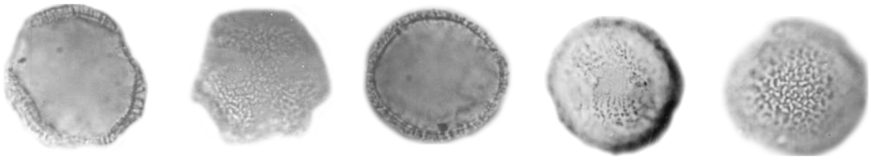
Cardamine ovata Benth. (Lámina 3, V.P. 10a, 10b; V.E. 10c, 10d, 10e)
Tipo: Mónada, isopolar, radiosimétrico.
Abertura: Tricolpado; los bordes del colpo no están bien definidos. Margen presente.
Forma: Ambito circular trilobulado, suboblado.
Exina: Gruesa; semitectada reticulada; columnelas conspicuas. Retículo con tendencia a homobrochado, muros monocolumnados.
Medidas: E.E.= 33.9 ± 1.3; E.P.= 28.3 ± 2; P/E= 0.83; D.E.= 32.7 ± 1.4; L.A.= 10.7 ± 1.35; Area polar mediana; IAP= 0.33; Colpo= 21.6 ± 1.2 X 3.5 ± 0.5; Exina= 3.84 ± 0.17; Sexina= 2.88 ± 0.15; Nexina= 0.96 ± 0.08; Muros ≤ 1 de espesor; Lumen 2-3 de diámetro.
MATERIAL ESTUDIADO: Norte de Santander: municipio de Pamplona, cuchilla de Barrero, borde de la carretera Pamplona a Berlín, en borde de quebrada, 2900 m alt., *R. Sánchez 4740* (COL). Placa palinológica ICN-3640.

Cardamine picta Hook. (Lámina 4, V.P. 11a, 11b; V.E. 11c, 11d, 11e)
Tipo: Mónada, isopolar, radiosimétrico.
Abertura: Tricolpado; los bordes del colpo no están bien definidos. Margen presente.
Forma: Ambito circular trilobulado, prolado.
Exina: Fina; semitectada retipilada hasta reticulada (no se forma un retículo perfecto



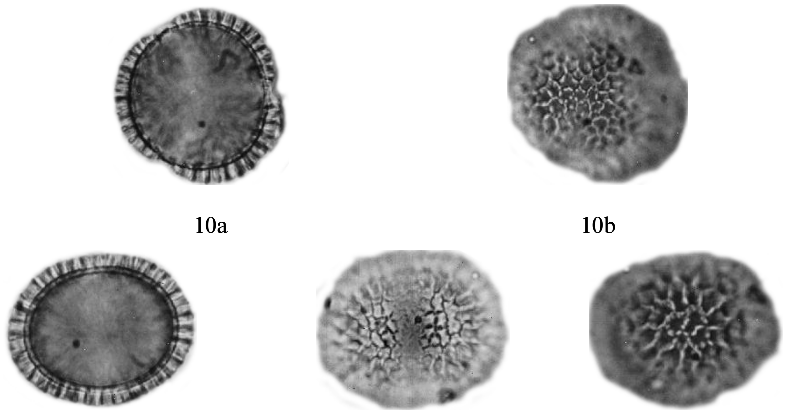
8e 8f 8g 8h

Cardamine jamesonii



9a 9b 9c 9d 9e

Cardamine obliqua



10a 10b

10c 10d 10e

Cardamine ovata

LÁMINA 3

sino por porciones); columnelas conspicuas. Retículo tendiente a homobrochado, muros monocolumnados.
Medidas: E.E.= 41.8 ± 1.6; E.P.= 61.05 ± 5.8; P/E= 1.46; D.E.= 41.8 ± 2.3; L.A.= 11.8 ± 1.3; Area polar mediana; IAP= 0.28; Colpo= 50.8 ± 5.1 X 3.1 ± 1.3; Exina= 2.89 ± 0.44; Sexina= 1.91 ± 0.42; Nexina= 0.98 ± 0.06; Muros 1 de espesor; Lumen 1-3.5 de diámetro.
MATERIAL ESTUDIADO: Caldas: Cordillera Central, carretera entre la Finca Buenos Aires y la Laguna del Otún, páramo, 4040 m alt., *O. Rangel et al. 1742* (COL). Placa palinológica ICN-3662.

NASTURTIUM R. BROWN

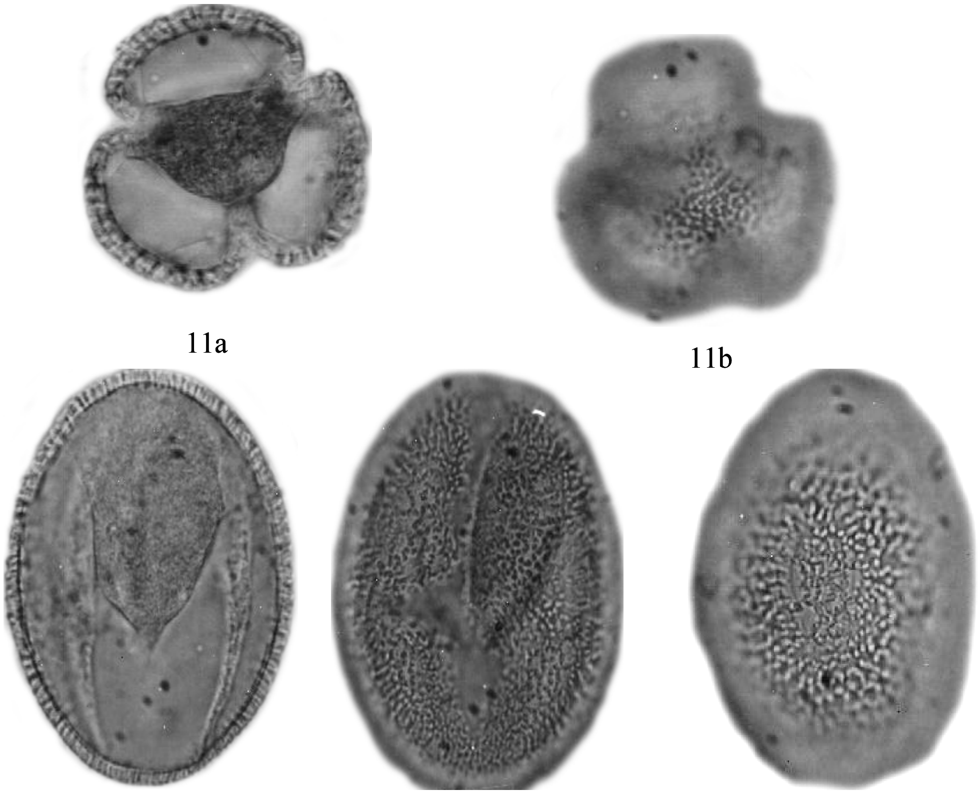
Nasturtium officinale R. Brown (Lámina 4, V.P. 12a, 12b; V.E. 12c, 12d)
Tipo: Mónada, isopolar, radiosimétrico.
Abertura: Tricolpado; los bordes del colpo no están bien definidos. Margen presente.
Forma: Ambito circular trilobulado, oblado esferoidal.
Exina: Gruesa; semitectada reticulada hasta tectada perforada en las áreas polares; columnelas conspicuas. Retículo heterobrochado, muros monocolumnados.
Medidas: E.E.= 22.5 ± 1.4; E.P.= 21.7 ± 1.7; P/E= 0.96; D.E.= 21.2 ± 1.1; L.A.= 4.7 ± 0.6; Area polar pequeña; IAP= 0.22; Colpo= 16.55 ± 1.82 X 2.8 ± 1.55; Exina= 2.44 ± 0.39; Sexina= 1.65 ± 0.15; Nexina= 0.89 ± 0.09; Muros 0.5 de espesor; Lúmenes 0.5-1.8 de diámetro.
MATERIAL ESTUDIADO: Cundinamarca: Albán, granjas del Padre Luna, 2000-2140 m alt., *C. Parra-O. 201* (COL). Placa palinológica ICN-3909.

RORIPPA SCOP.

Rorippa indica (L.) Hiern var. ***apetala*** Hochr. (Lámina 5, V.P. 13a, 13b; V.E. 13c, 13d)
Tipo: Mónada, isopolar, radiosimétrico.
Abertura: Tricolpado. Margen presente.
Forma: Ambito circular, oblado esferoidal.
Exina: Fina; tectada perforada en areas polares hasta semitectada microreticulada; columnelas conspicuas. Retículo homobrochado, muros monocolumnados.
Medidas: E.E.= 19.2 ± 0.8; E.P.= 17 ± 1.1; P/E= 0.89; D.E.= 19.1 ± 0.62; L.A.= 5 ± 0.8; Area polar mediana; IAP= 0.26; Colpo= 12.2 ± 0.5 X 1.8 ± 0.8; Exina= 1.74 ± 0.14; Sexina= 1.04 ± 0.08; Nexina= 0.7 ± 0.13; Muros 0.5 de espesor; Lúmenes ≤ 0.5 de diámetro.
MATERIAL ESTUDIADO: Cundinamarca: Santafé de Bogotá, 2600 m alt., *C. Parra-O. 180* (COL). Placa palinológica ICN-3907.

Rorippa indica (L.) Hiern var. ***indica*** (Lámina 5, V.P. 14a, 14b; V.E. 14c, 14d, 14e)
Tipo: Mónada, isopolar, radiosimétrico.
Abertura: Tricolpado; colpo con bordes no bien definidos. Margen presente.
Forma: Ambito circular, oblado esferoidal.
Exina: Fina; tectada perforada en áreas polares; columnelas conspicuas. Retículo homobrochado, muros monocolumnados.
Medidas: E.E.= 27.7 ± 1.5; E.P.= 24.9 ± 1.6; P/E= 0.89; D.E.= 26.7 ± 1.3; L.A.= 6.2 ± 1.8; Area polar pequeña; IAP= 0.23; Colpo= 18.2 ± 1.05 X 3.2 ± 0.9; Exina= 1.7 ± 0.17; Sexina= 1.06 ± 0.09; Nexina= 0.6 ± 0.15; Muros ≤ 0.5 de espesor; Lúmenes 1.2-1.5 de diámetro.
MATERIAL ESTUDIADO: Antioquia: Itagüí, 1600 m alt., *D. Giraldo-Cañas et al. 3291* (COL). Placa palinológica ICN-4274.

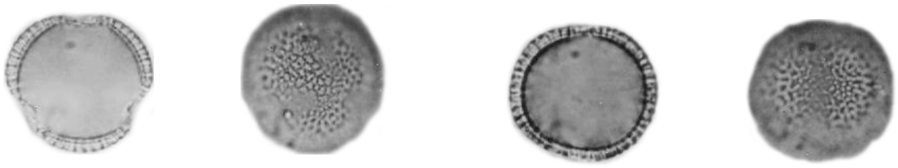
Rorippa mandonii (Fournier) Martínez-Laborde (Lámina 5, V.P. 15a, 15b; V.E. 15c, 15d, 15e)
Tipo: Mónada, isopolar, radiosimétrico.
Abertura: Tricolpado o tetracolpado. Margen presente.
Forma: Ambito circular trilobulado, oblado esferoidal.
Exina: Gruesa; semitectada reticulada; retículo más pequeño en áreas polares; columnelas conspicuas. Retículo heterobrochado, muros monocolumnados.
Medidas: E.E.= 24.5 ± 1.7; E.P.= 22.1 ± 2.3; P/E= 0.9; D.E.= 23.2 ± 1.2; L.A.= 4.8 ± 1; Area



11a 11b

11c 11d 11e

Cardamine picta



12a 12b 12c 12d

Nasturtium officinale

LÁMINA 4

polar pequeña; IAP= 0.2; Colpo= 16.7 ± 1.8 X 3.8 ± 0.6; Exina= 2.73 ± 0.21; Sexina= 1.8 ± 0.2; Nexina= 0.89 ± 0.14; Muros ≤ 0.5 de espesor; Lúmenes 0.5-1.8 de diámetro.
MATERIAL ESTUDIADO: **Cundinamarca**: Bogotá, campus de la Universidad Nacional de Colombia, 2600 m. alt., *C. Parra-O. 189* (COL). Placa palinológica ICN-3656.

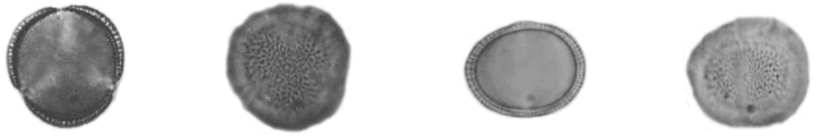
Rorippa nana (Schlechtendal) Mcbride (Lámina 5, V.P. 16a, 16b; V.E. 16c, 16d, 16e)
Tipo: Mónada, isopolar, radiosimétrico.
Abertura: Tricolpado; colpo con bordes no bien definidos. Margen presente.
Forma: Ambito circular trilobulado, oblado esferoidal.
Exina: Fina; semitectada reticulada; columnelas conspicuas. Retículo heterobrochado, muros monocolumnados ondulados.
Medidas: E.E.= 19.4 ± 1.6; E.P.= 18.3 ± 1.9; P/E= 0.95; D.E.= 19.7 ± 0.9; L.A.= 4.7 ± 0.8; Area polar pequeña; IAP= 0.24; Colpo= 13.3 ± 1.7 X 2.4 ± 0.7; Exina= 1.51 ± 0.16; Sexina= 0.86 ± 0.13; Nexina= 0.63 ± 0.14; Muros ≤ 0.5 de espesor; Lúmenes 0.8-2 de diámetro.
MATERIAL ESTUDIADO: Cundinamarca: Santafé de Bogotá, Parque Nacional Natural Sumapaz, alrededores de la laguna de Chisacá, 4º17'00" N - 74º12'00" W, 3700 m alt., *P. Pedraza et al. 782* (COL). Placa palinológica ICN-3991.

***Rorippa palustris* (L.) Besser** (Lámina 6, V.P. 17a, 17b, 17c; V.E. 17d, 17e)
Tipo: Mónada, isopolar, radiosimétrico.
Abertura: Tricolpado o tetracolpado; los bordes del colpo no están bien definidos. Margen presente.
Forma: Ambito circular, oblado esferoidal.
Exina: Fina; tectado perforada hasta semitectada microreticulada; columnelas conspicuas. Retículo heterobrochado, muros monocolumnados.
Medidas: E.E.= 24.5 ± 1.1; E.P.= 23 ± 0.8; P/E= 0.94; D.E.= 23.9 ± 0.5; L.A.= 4.2 ± 0.7; Area polar pequeña; IAP= 0.17; Colpo= 16.5 ± 0.9 X 2.5 ± 0.5; Exina= 1.86 ± 0.09; Sexina= 1.04 ± 0.08; Nexina= 0.82 ± 0.06; Muros ≤ 0.5 de espesor; Lúmenes 0.5-1.5 de diámetro.
MATERIAL ESTUDIADO: Antioquia: Ituango, km 12.5 of road Ituango-La Granja, 850 m alt., *J. Zarucchi & J. Betancur 6468* (COL). Placa palinológica ICN-3914.

Rorippa pinnata (Sessé & Mociño) Rollins (Lámina 6, V.P. 18a, 18b, 19a, 19b; V.E. 18c, 18d, 19c, 19d)
Tipo: Mónada, isopolar, radiosimétrico.
Abertura: Tricolpado; los bordes del colpo generalmente no están bien definidos. Margen presente.
Forma: Ambito circular a triangular convexo; suboblado a oblado esferoidal.
Exina: Fina; semitectada microreticulada; columnelas conspicuas. Retículo heterobrochado, muros monocolumnados, mas pequeño en áreas polares.
Medidas: E.E.= 18.6 ± 2.1; E.P.= 16.4 ± 2.3; P/E= 0.88; D.E.= 18 ± 2.2; L.A.= 5.3 ± 2.1; Area polar mediana; IAP= 0.29; Colpo= 11.6 ± 1.2 X 2.7 ± 0.5; Exina= 1.73 ± 0.16; Sexina= 0.86 ± 0.19; Nexina= 0.86 ± 0.13; Muros 0.5 de espesor; Lúmenes 0.5-1 de diámetro.
Nota: *R. pinnata* presenta una variación importante en el tamaño de sus granos. En las muestras estudiadas se observó un tamaño mínimo de E.E. de 15.5 µm y un máximo de 22 µm. También en el E.P. se encontraron amplios rangos (mínimo 13 µm, máximo 20.2 µm).
MATERIAL ESTUDIADO: **Cundinamarca**: Santafé de Bogotá, autopista norte cerca de almacén 'Macro', 2600 m. alt., *C. Parra-O. 171* (COL). Placa palinológica ICN-3655-3657.

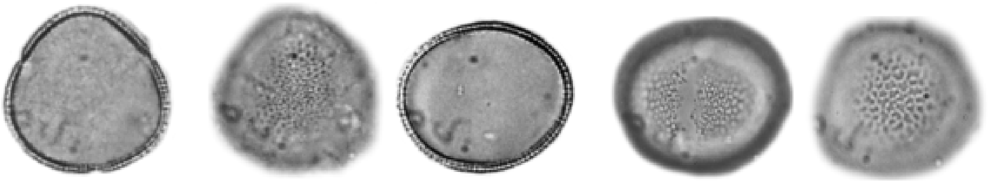
DISCUSIÓN

Las características morfológicas del polen analizado en este estudio no permiten diferenciar a *Cardamine*, *Nasturtium* y *Rorippa* entre sí (tabla 1). A este nivel taxonómico (género) el polen es muy similar en cuanto a tipo, número (presentándose solamente granos tetracolpados en *C. jamesonii* y *R. palustris*)



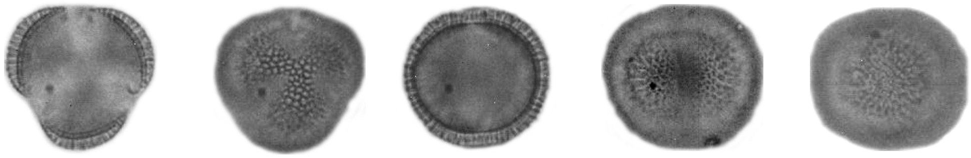
13a 13b 13c 13d

Rorippa indica var. *apetala*



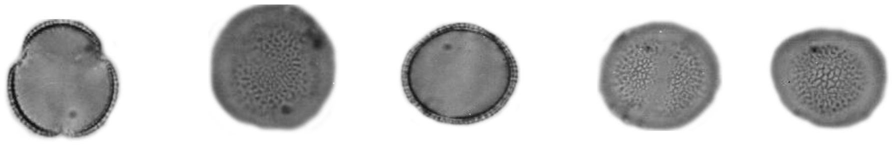
14a 14b 14c 14d 14e

Rorippa indica var. *indica*



15a 15b 15c 15d 15e

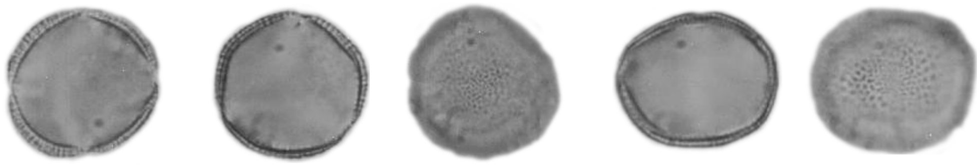
Rorippa mandonii



16a 16b 16c 16d 16e

Rorippa nana

LÁMINA 5

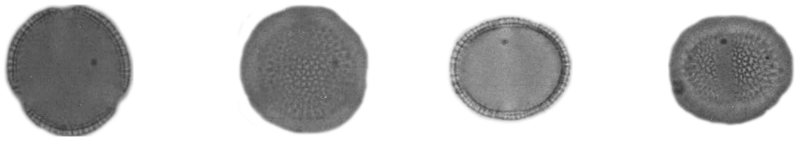


17a 17b 17c 17d 17e

Rorippa palustris

18a 18b 18c 18d

Rorippa pinnata



19a 19b 19c 19d

Rorippa pinnata

LÁMINA 6

y características de las aberturas y de la exina. En cuanto a la forma, presenta granos desde suboblados a prolados y con ámbito triangular convexo hasta circular o circular trilobulado. En la exina, se diferencian dos tipos esculturales: semitectado reticulado o microreticulado (87.5%) y semitectado retipilado (12.5%; *C. alberti* y *C. picta*). Los caracteres morfométricos analizados son contínuos entre las especies de los géneros y tampoco son útiles para diferenciar los géneros por el tamaño general de sus granos de polen o por los tamaños particulares de las estructuras evaluadas. Lo anterior nos permite afirmar que los caracteres palinológicos (morfológicos y morfométricos), al menos a nivel óptico, no poseen valor taxonómico para diferenciar estos tres géneros cercanos dentro de la tribu Arabideae. Es de señalar que estas consideraciones tienen solamente un alcance local, dado el número de especies estudiadas. Sin embargo, estos resultados concuerdan en forma general con los obtenidos por Erdtman (1986), que considera al polen de la familia Brassicaceae con carácter estenopalinológico (que presenta poca variación). Rollins & Banerjee (1979) describen el polen de *Sibara virginica* (L.) Rollins y *Arabis turrita* L. (sobre todo el primero) como típicos de varios de los géneros de Brassicaceae (forma prolada que se angosta del ecuador a los polos, colpos bien extendidos hacia los polos, lúmenes irregulares y grosor medio de los muros). Estas características palinológicas concuerdan con las analizadas en las especies de *Cardamine*, *Nasturtium* y *Rorippa* mencionadas en este trabajo, las cuales forman parte de la tribu Arabideae junto con *Arabis* L. y *Sibara* Greene, entre otros géneros. Aunque la forma prolada parece dominar entre los géneros de la familia Brassicaceae, aquí encontramos que predomina la forma oblado esferoidal en los tres géneros. Rollins & Banerjee (1979) y Khatri (1988, 1989, 1990a, 1990b) encontraron que luego del tratamiento acetolítico los granos de polen elipsoides o subprolados pueden cambiar su forma a casi esféricos u oblado-esferoidales, por lo que analizaron la mayoría de los granos de las especies sin someterlos al tratamiento mencionado.

Al interior de cada uno de los géneros estudiados, encontramos que los caracteres morfométricos son los únicos caracteres palinológicos que permiten diferenciar grupos de especies, particularmente la longitud del eje ecuatorial, eje polar y del colpo (en vista ecuatorial). Dentro de *Cardamine*, existen tres grupos con relación al tamaño de sus granos, un grupo con granos ‘pequeños’ (E.E.=23.4-29.7; E.P.=21.6-26.3; Colpo=15.3-20.1) que contiene a *C. bonariensis*, *C. flexuosa*, *C. hirsuta* y *C. obliqua*, un segundo con granos ‘medianos’ (E.E.=32.8-34.3; E.P.=28.3-39.7; Colpo =21.6-33.2) en que se encuentran *C. africana*, *C. alberti* y *C. ovata* y otro con granos ‘grandes’ (E.E.=38.6-41.8; E.P.=36.3-61.1; Colpo= 25.8-50.8) que contiene a *C. jamesonii* y *C. picta* (tabla 1). *C. armoracioides* presenta granos de polen con los dos rangos de tamaño, que permiten ubicarla en cualquiera de estos grupos (tabla 1). Khatri (1988, 1990b) también encontró que se podían diferenciar grupos con base en los tamaños del polen en *Cardamine* (a nivel regional), aunque encontró que no existía ninguna correlación entre los caracteres florales y los grupos formados por los tamaños del polen. En la tabla 2 se presentan tres caracteres morfológicos seleccionados de las especies estudiadas, con el objeto de observar si existe alguna correlación entre estos caracteres y los caracteres palinológicos estudiados. Con relación al tamaño de las flores, no se encontró correlación entre este carácter y los grupos formados por los tamaños del polen. Sin embargo, es interesante destacar que dos de las especies con granos de polen más grandes (*C. jamesonii*, *C. picta*) tienen las flores más grandes dentro de las especies presentes en Colombia. En especial, *C. picta*, una de

Tabla 1. Resumen de los caracteres palinológicos analizados de las especies de Arabideae presentes en Colombia. Circular-triangular-con.: Circular-triangular convexo; Semit-ret-heter: semitectada-reticulada-heterobrochado; Semit-ret-hom: semitectada-reticulada-homobrochado.

Especie	**Aperturas**	**Ambito**	**Forma**	**Exina**	**E.E.**	**E.P.**	**L.A.**	**Colpo**	**Exina**
C. bonariensis	Tricolpado	Circular trilobulado	Oblado esferoidal	Semi-ret-heter	23.4	21.6	5.2	15.3 x 3.3	3
C. hirsuta	Tricolpado	Circular-triangular-con.	Oblado esferoidal	Semi-ret-hom	23.5	22.1	4.3	16.4 x 3.5	2.4
C. armoracioides (2)	Tricolpado	Circular trilobulado	Oblado esferoidal	Semi-ret-hom	26.9	25.1	8.3	17 x 1.35	3.7
C. obliqua	Tricolpado	Circular trilobulado	Oblado esferoidal	Semi-ret-heter	27.8	25.1	5.1	19.1 x 5.7	2.85
C. flexuosa	Tri o tetra colpado	Circular	Oblado esferoidal	Semi-ret-heter	29.7	26.3	5.4	20.1 x 4.3	2.8
C. armoracioides (1)	Tricolpado	Circular trilobulado	Prolado esferoidal	Semi-ret-heter	32.8	34	13.7	26.8 x 1.9	2.25
C. africana	Tricolpado	Circular	Oblado esferoidal	Semi-ret-heter	33.6	32.9	9.5	25.3 x 4.6	2.7
C. ovata	Tricolpado	Circular trilobulado	Suboblado	Semi-ret-hom	33.9	28.3	10.7	21.6 x 3.5	3.8
C. alberti	Tricolpado	Circular	Subprolado	Semi-ret-heter	34.3	39.7	9.9	33.2 x 4.35	3.2
C. jamesonii	Tricolpado	Circular trilobulado	Oblado esferoidal	Semi-ret-hom	38.6	36.3	11.1	25.8 x 1.7	3.4
C. picta	Tricolpado	Circular trilobulado	Prolado	Semi-ret-hom	41.8	61.1	11.8	50.8 x 5.1	2.9
N. officinale	Tricolpado	Circular trilobulado	Oblado esferoidal	Semi-ret-heter	22.5	21.7	4.7	16.5 x 2.8	2.4
R. indica var. indica	Tricolpado	Circular	Oblado esferoidal	Semi-ret-hom	27.7	24.9	6.2	18.2 x 3.2	1.7
R. palustris	Tricolpado	Circular	Oblado esferoidal	Semi-ret-heter	24.5	23	4.2	16.5 x 2.5	1.9
R. mandonii	Tricolpado	Circular trilobulado	Oblado esferoidal	Semi-ret-heter	24.5	22.1	4.8	16.7 x 1.8	2.7
R. pinnata	Tricolpado	Circular-triangular-con.	Suboblado-oblado esferoidal	Semi-ret-heter	18.6	16.4	5.3	11.6 x 1.2	1.7
R. indica var. apetala	Tricolpado	Circular	Oblado esferoidal	Semi-ret-hom	19.2	17	5	12.2 x 1.8	1.7
R. nana	Tricolpado	Circular trilobulado	Oblado esferoidal	Semi-ret-heter	19.4	18.3	4.7	13.3 x 1.7	1.5

las especies con flores más grandes dentro del género también tiene los granos de polen más grandes registrados hasta el momento para *Cardamine*.

Con relación a los caracteres vegetativos considerados (tamaño de la planta y tamaño de la lámina o foliolos), la correlación es muy baja con relación a los grupos de polen ‘pequeño’, ‘mediano’ y ‘grande’, observándose especies con porte moderado como *C. obliqua* y *C. alberti* presentes en grupos de tamaño de polen diferentes. Sin embargo, se observa que pares de especies muy afines taxonómica y morfológicamente entre sí (i.e., *C. obliqua* – *C. bonariensis*; *C. hirsuta* – *C. flexuosa*; *C. ovata* – *C. alberti*) se encuentran en los mismos grupos delimitados por el tamaño del polen.

Es interesante observar que las especies con mayor porte (*C. jamesonii* y *C. picta*) también presentan el polen de mayor tamaño. Estas dos especies, entre el conjunto de especies colombianas de *Cardamine*, se encuentran muy relacionadas entre sí por su morfología general, relación que estaría ayudando a corroborar la información palinológica aquí obtenida. Con relación a *C. picta* podemos decir [aunque aquí no se estudiaron las características palinológicas de todas las especies de este género, que son ca. 200 especies (Al-Shehbaz 1988)] que con base en las descripciones palinológicas realizadas para *Cardamine* por Heusser (1971), Khatri (1988, 1989, 1990a, 1990b), Moar (1993), Buchner & Weber (2000) y las presentadas en este trabajo (en total 44 especies), *C. picta* posee el mayor tamaño de grano de polen dentro de las especies del género estudiadas. Incluso, se acerca al límite máximo superior del tamaño de polen mencionado por Erdtman (1986) para la familia Brassicaceae.

Con relación a *C. armoracioides*, encontramos que los granos provenientes de las dos poblaciones analizadas son muy disímiles. En este caso se analizaron dos muestras diferentes porque la primera de ellas presentaba granos con contenido celular, luego de la acetólisis. Decidimos mostrar aquí ambos tipos de tamaño de polen y no promediar las dos muestras, para resaltar las diferencias obtenidas. Es posible pensar que dentro de las poblaciones de ciertas especies de *Cardamine*, como *C. armoracioides*, los rangos de variación en el tamaño del polen son amplios, y deben ser analizados dos o más especímenes de la especie para precisar el rango de variación morfométrico. Sin embargo, en *C. hirsuta* se utilizaron dos muestras provenientes de especímenes diferentes y los rangos de variación en el tamaño del polen no fueron tan amplios como los encontrados en *C. armoracioides*.

Al analizar *Rorippa* no es posible separar las especies del género con base en su morfología polínica, aunque los caracteres morfométricos de los granos permiten diferenciar dos grupos: un grupo de granos ‘pequeños’ (E.E.=18.6-19.4; E.P.=16.4-18.3; Colpo=11.6-13.3) que contiene a *R. nana* y *R. pinnata* y otro de granos ‘grandes’ (E.E.=24.5-27.7; E.P.=22.1-24.9; Colpo=16.5-18.2) que contiene a *R. mandonii* y *R. palustris*. Las dos variedades de *R. indica* presentan granos de polen de tamaño contrastante, ubicándose cada una en un grupo diferente.

Al relacionar las características vegetativas de las especies de *Rorippa* consignadas en la tabla 2 con la morfometría del polen, se encontró que las especies de mayor tamaño corporal (porte y hojas, principalmente) poseen polen ‘grande’, mientras que las especies de porte y hojas reducido presentan polen ‘pequeño’. *R. pinnata* se presenta como una excepción a esta relación ya que su porte y sus hojas son grandes, aunque su polen es pequeño. *R. pinnata* presenta un rango amplio de variación en el tamaño de sus granos de polen, como se observa en la descripción pre-

Tabla 2. Comparación entre caracteres morfológicos y palinológicos (ambos morfométricos) seleccionados de las especies de Arabideae analizadas. T. L.: tamaño de la lámina foliar (largo x ancho); E. E.: eje ecuatorial del grano de polen; E. P.: eje polar del grano de polen; C: tamaño del colpo del grano de polen (largo x ancho). Los valores señalados con asterisco (*) fueron tomados de Parra-O. (2002).

Especie	**Tamaño planta (cm)***	**Tamaño flores (cm)***	**T.L. (cm)***	**E.E. (µm)**	**E.P. (µm)**	**C (µm)**
C. bonariensis	9-30	0.3-0.5	1.5-4.5 x 0.6-2	23.4	21.6	15.3 x 3.3
C. hirsuta	10-20	0.2-0.3	1.5-3 x 1-1.2	23.5	22.1	16.4 x 3.5
C. armoracioides (2)	40-70	0.4-0.6	6.5-13.5 x 2.1-4.3	26.9	25.1	17 x 1.35
C. obliqua	20-50	0.3-0.5	2-3 x 1-2.5	27.8	25.1	19.1 x 5.7
C. flexuosa	15-30	0.2-0.3	1-5 x 1-2	29.7	26.3	20.1 x 4.3
C. armoracioides (1)	40-70	0.4-0.6	6.5-13.5 x 2.1-4.3	32.8	34	26.8 x 1.9
C. africana	30-40	0.6-0.8	3.5-8 x 3-8.5	33.6	32.9	25.3 x 4.6
C. ovata	30-50	0.4-0.6	2.5-8 x 1.5-6	33.9	28.3	21.6 x 3.5
C. alberti	25-50	0.4-0.7	2-3.3 x 1.5-2.7	34.3	39.7	33.2 x 4.35
C. jamesonii	40-100	0.8-1.5	3.5-5 x 3.5-5	38.6	36.3	25.8 x 1.7
C. picta	40-120	2-2.2	5-8 x 2.5-5	41.8	61.1	50.8 x 5.1
N. officinale	15-70	0.3-0.4	2.5-10 x 1.5-4.5	22.5	21.7	16.5 x 2.8
R. indica var. *indica*	20-40	0.2-0.3	4-11.7 x 1.4-4.3	27.7	24.9	18.2 x 3.2
R. palustris	20-50	0.2	2.9-9 x 0.9-2.7	24.5	23	16.5 x 2.5
R. mandonii	25-50	0.1-0.15	2.5-9 x 1.5-5	24.5	22.1	16.7 x 1.8
R. pinnata	20-50	0.1-0.15	3-11 x 1.5-4	18.6	16.4	11.6 x 1.2
R. indica var. *apetala*	8-40	0.2-0.25	1.1-4.8 x 1-2.1	19.2	17	12.2 x 1.8
R. nana	8-10	0.1	1-2.3 x 0.35	19.4	18.3	13.3 x 1.7

sentada. Aquí se consideró el análisis de una muestra adicional para constatar que la variación en el tamaño de los granos no obedecía a efectos de la acetólisis. Por lo tanto, se encontró que el amplio rango de variación observado corresponde a una característica propia del polen de la especie.

Con respecto a la diferencia de tamaño en el polen de las variedades de *R. indica*, podemos ver que existe una relación directa entre éstos y las dimensiones de la planta en general, más exactamente con el tamaño de sus hojas. Las hojas de *R. indica* var. *indica* (polen 'grande') son mucho mayores que las de *R. indica* var. *apetala* (polen 'pequeño'), y el porte de la planta tiende a ser mayor en la primera (tabla 2). Adicionalmente, existen otras características morfológicas (Parra-O. 2002) que permiten separar estas variedades. El polen entonces, es otro carácter que soporta esta distinción a nivel taxonómico dentro de *R. indica*.

Con relación a *Nasturtium* es poco lo que se puede discutir pues sólo se pudo examinar una especie del género, y no fue posible encontrar descripciones palinológicas de las cuatro especies restantes que componen el género (según Al-Shehbaz & Price 1998). Además de la uniformidad morfológica y morfométrica del polen de *N. officinale* con relación a las demás especies analizadas, los rangos de variación son similares a los de las otras especies de *Cardamine* y *Rorippa*; sin embargo, el polen de *N. officinale* es más similar en cuanto a tamaño con el polen de *Rorippa* que con el de *Cardamine*. Lo anterior es interesante ya que *Nasturtium* fue considerado por varios autores durante largo tiempo como una sección dentro de *Rorippa*, y no como género aparte (Al-Shehbaz 1988).

En conclusión podemos afirmar, al menos a nivel óptico, que las características palinológicas de las especies colombianas de *Cardamine*, *Nasturtium* y *Rorippa* no sirven como caracteres taxonómicos confiables para diferenciar estos géneros, debido a su relativa uniformidad morfológica y morfométrica. Aunque es posible separar dentro de los géneros (*Cardamine* y *Rorippa*) grupos de especies con base en la morfometría del polen, dentro de estos grupos las características palinológicas no permiten diferenciar las especies que los componen. Es necesario analizar el polen de estos taxones con herramientas adicionales (e.g., microscopía electrónica) para confirmar o rechazar las conclusiones aquí presentadas. Además, es necesario analizar varias muestras provenientes de poblaciones diferentes para cada especie, con el objeto de determinar si los rangos de variación amplios son específicos de algunas especies, o por el contrario son comunes en las especies colombianas de estos géneros.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia por facilitar el uso del laboratorio de palinología en donde se llevó a cabo el presente trabajo. Al Herbario Nacional Colombiano (COL) por facilitar los especímenes de los que se procesó el material polínico. A Aída Garzón por su colaboración en el proceso de edición de las fotografías.

LITERATURA CITADA

Al-Shehbaz, I. 1984. The tribes of Cruciferae (Brassicaceae) in the Southeastern United States. J. Arnold Arbor. 65: 343-373.

Al-Shehbaz, I. 1988. The genera of Arabideae (Cruciferae; Brassicaceae) in the Southeastern United States. J. Arnold Arbor. 69: 85-166.

Al-Shehbaz, I. & R. Price. 1998. Delimitation of the genus *Nasturtium* (Brassicaceae). Novon 8: 124-126.

Buchner, R. & M. Weber. 2000. PalDat – a palynological database: Descriptions,

illustrations, identification, and information retrieval. http://paldat.botanik.univie.ac.at/

ERDTMAN, G. 1986. Pollen Morphology and Plant Taxonomy. E. J. Brill., The Netherlands. Segunda edición. 553 p.

FAEGRI, K. & J. IVERSEN. 1975. Textbook of pollen analysis. Blackwell, Oxford. 237 p.

HEUSSER, C. 1971. Pollen and Spores of Chile. Modern types of the Pteridophyta, Gymnospermae and Angiospermae. The University of Arizona Press, Arizona.

KHATRI, K. 1988. Studies in the Caucasian species of *Cardamine* L. (Cruciferae). Phyton (Austria) 28 (1): 55-80.

KHATRI, K. 1989. *Cardamine* L. sect. *Cardamine* (Cruciferae) in the Asian territory of Soviet Union. A morphological, anatomical and phylogenetical study with taxonomy reconsiderations. Feddes Repertorium 100 (3-4): 81-96.

KHATRI, K. 1990a. *Cardamine* L. sect. *Cardaminella* Prantl (Cruciferae) in the Asian territory of Soviet Union. Feddes Repertorium 101 (9-10): 435-448.

KHATRI, K. 1990b. *Cardamine* L. sect. *Macrophyllum* O. E. Schulz (Cruciferae Juss.) in the Asian territory of Soviet Union. A morphological, anatomical and phylogenetical study with taxonomy revision. Folia Geobotanica et Phytotaxonomica 25: 197-215.

MOAR, N. 1993. Pollen grains of New Zealand Dicotyledonous plants. Manaaki Whenna Press. New Zealand.

PARRA-O., C. 2002. Taxonomía de la tribu Arabideae (Cruciferae) en Colombia. Tesis de Maestría, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. 303 p.

PUNT, W., BLACKMORE, S., NILSSON, S. & A. LE THOMAS. 1994. Glossary of pollen and spore terminology. LPP contribution series No. 1. Laboratory of Palaeobotany and Palynology (LPP) Foundation, Utrecht.

ROLLINS, R. & U. BANERJEE. 1979. Pollens of the Cruciferae. Publ. Bussey Institution, Harvard University. p. 33-64.

SCHULZ, O. 1936. Cruciferae. en: A. Engler & K. Prantl (eds.), Nat. Pflanzenfam., ed. 2, 17B: 227-658. Leipzig.

Recibido: 14/03/2002
Aceptado: 02/07/2002